

DETEKSI KUALITAS KEMURNIAN SUSU SAPI MELALUI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE *ACTIVE CONTOUR* DENGAN KLASIFIKASI *K-NEAREST NEIGHBOR*

QUALITY DETECTION OF COW'S MILK PURITY BASED ON DIGITAL IMAGE PROCESSING USING *ACTIVE CONTOUR* METHOD WITH *K-NEAREST NEIGHBOR*

Vidiya Rossa Atfira¹, Nur Ibrahim², Eka Wulandari³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹michirossa582@gmail.com, ²nuribrahim@telkomuniversity.co.id, ³eka.wulandari@unpad.ac.id

Abstrak

Susu merupakan salah satu bahan pangan yang mengandung nutrisi tinggi sebagai sumber protein hewani. Susu mengandung 88% air dengan bahan kering 12% meliputi lemak, protein, mineral, dan karbohidrat. Susu sapi baik dikonsumsi oleh semua kalangan dari balita, remaja, dewasa, hingga lanjut usia karena kandungan gizi, tekstur, rasa dan manfaatnya. Tidak jarang penjual susu memanfaatkan kondisi tersebut untuk meraup keuntungan tinggi dengan mencampurkan air atau bahan lainnya. Sampai saat ini konsumen tidak menyadari adanya campuran dalam susu yang dikonsumsi.

Dari permasalahan tersebut, Tugas Akhir ini merancang sistem untuk mendeteksi adanya campuran dalam susu melalui pengolahan citra digital menggunakan metode *Active Contour* dengan klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN). Perancangan sistem menggunakan *software*, dan bertujuan untuk mempermudah deteksi tingkat kemurnian susu yang akan dikonsumsi. Data yang digunakan sebanyak 500 citra dengan 300 citra sebagai data latih dan 200 citra sebagai data uji. Tingkat kemurnian susu dibagi menjadi 5 kelas yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dengan bahan campuran air. Penelitian ini menghasilkan akurasi sistem terbaik menggunakan jenis klasifikasi *City block* sebesar 100% dengan waktu komputasi yaitu 322.25 detik. Hasil ini diperoleh dari parameter nilai $K=5$, ukuran gambar 512×512 piksel, dan iterasi 500.

Kata kunci: *Image processing, Active Contour, K-Nearest Neighbor*

Abstract

Milk is one of the foodstuffs containing high nutrition as a component of animal protein. Milk contains 88% water with 12% dry ingredients including fat, protein, minerals, and carbohydrates. Cow's milk is good to be consumed by all people from toddlers, teenagers, adults, to the elderly because of its nutritional content, texture, taste and benefits.

It is not uncommon for milk sellers to take advantage of these conditions to reap high profits by mixing water or other ingredients. Until now consumers were not aware of any mixture in milk consumed.

From these problems, this Final Project designs a system to detect the presence of mixtures in milk through digital image processing using the Active Contour method with the classification of K-Nearest Neighbor (KNN). The system design uses software, and aims to facilitate the detection of the level of purity of milk to be consumed. The data used were 500 images with 300 images as training data and 200 images as test data. The level of purity of milk is divided into 5 classes namely 20%, 40%, 60%, 80%, and 100% with a mixture of water. This research produces the best system accuracy using the City block classification type by 100% with a computational time 322.25 seconds. These results are obtained from parameters $K = 5$, image size 512×512 pixels, and iteration 500.

Keywords: *Image processing, Active Contour, K-Nearest Neighbor*

1. Pendahuluan

Susu sapi merupakan salah satu bahan pangan yang dapat dikonsumsi oleh berbagai kalangan usia mulai dari balita, remaja, maupun lanjut usia. Susu sapi juga digemari berbagai kalangan karena tekstur, rasa, dan harganya terjangkau. Susu dan produk olahannya merupakan sumber kalsium terbaik [1]. Selain kalsium, susu juga mengandung gizi yang dibutuhkan tubuh manusia. Kandungan susu diantaranya adalah lemak, protein, kalsium, dan mineral lainnya.

Salah satu produk olahan susu yang banyak diminati masyarakat adalah susu pasteurisasi [1]. Susu pasteurisasi merupakan perlakuan panas dengan suhu lebih rendah dari susu sterilisasi dan biasanya dilakukan dibawah suhu didih air, yaitu pada suhu 73°C selama 30 menit atau 92°C selama 15 detik. Susu pasteurisasi dinilai lebih aman dikonsumsi daripada susu murni karena mengurangi risiko penularan penyakit, dan sudah

difortifikasi. Karena susu olahan ini banyak varian rasa dan digemari masyarakat, tidak jarang penjual susu mencampur susu dengan bahan lain seperti air, santan, atau *skim milk*, guna meraup keuntungan lebih.

Perkembangan digital terutama komputer [2], memiliki andil yang besar dalam meningkatkan peran dan manfaat citra dalam kehidupan manusia. Citra dapat dimanfaatkan dalam banyak aspek diantaranya di bidang peternakan dan pangan.

Oleh karena itu, Penulis merancang simulasi guna mendeteksi kualitas susu sapi sehingga pengguna dapat mengetahui tingkat kemurnian susu melalui pengolahan citra digital.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian Tugas Akhir serupa pada tahun 2018 identifikasi kesegaran susu sapi melalui pengolahan citra digital oleh Hamdan Gustiawidi [3] menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Local Binary Pattern* (LBP) yang menghasilkan akurasi dari metode GLCM sebesar 100%, akurasi 97.5% dari metode LBP, Mohamad Fikri Permana [4] menggunakan metode *Watershed* dengan akurasi 92.5%, Reinhard Immanuel Abraham [5] menggunakan metode *Content Based Image Retrieval* (CBIR) dengan akurasi 97.5%, dan Anissa Widya Devianti [6] menggunakan metode *Gabor Wavelet* dengan akurasi 95%. Penelitian tersebut menggunakan data citra susu yang dibagi menjadi empat kelas sesuai yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan total data sebanyak 120 citra.

Tugas Akhir ini mengambil 500 citra susu digital yang sebelumnya sudah dibagi menjadi lima kelas yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Selanjutnya diproses menggunakan metode *Active Contour* dan klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN).

2. Dasar Teori

2.1 Citra Digital

Citra merupakan gambar diam dua dimensi. Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus direpresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit [7].

Menurut [2], citra digital merupakan gambar dua dimensi yang didalamnya terkandung informasi intensitas atau warna dan data posisi, yang mana terbentuk oleh susunan piksel berbentuk matriks. Matriks citra $f(x,y)$ direpresentasikan:

$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1,M-1) & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Suatu citra $f(x,y)$ dalam fungsi matematis dapat dituliskan dengan $0 \leq x \leq M-1$, dimana M adalah jumlah baris dan $0 \leq y \leq N-1$, dimana N adalah jumlah kolom.

2.2 Active Contour

Active Contour / Snake merupakan salah satu metode berupa garis aktif yang dapat menyesuaikan dengan bentuk citra yang ingin disegmentasi. Hal ini membuat metode *Active Contour* berbeda dengan segmentasi lain karena proses segmentasi tidak berdasarkan nilai piksel, akan tetapi berdasarkan kurva[8]. Proses pada model *Active Contour* adalah dengan membuat *mask* atau garis awal di sekitar objek sehingga adanya energi dari objek gambar (*Eexternal*) akan menyebabkan kurva menyusut dan mengikuti bentuk objek. Kurva akan bergerak semakin mendekati objek karena energi yang terdapat pada kurva (*Einternal*) [9]. Metode *Active Contour* digunakan karena sederhana dalam menjalankan dan penerapannya, relatif cepat, mudah diadaptasi, dan banyak digunakan [8]. *Active contour* memiliki kelebihan antara lain dapat mendeteksi garis dan kurva yang tidak tertutup dan dapat mendeteksi objek dengan intensitas yang berbeda. Selain itu, metode *Active Contour* sendiri digunakan karena keunggulan yang dimilikinya yaitu dapat mendeteksi semua kontur, tidak peduli dimana kontur awal dimulai pada citra [10].

Active Contour juga merupakan salah satu pendekatan segmentasi yang menggunakan konsep seperti balon dimana didalamnya dimasukkan sebuah objek. Balon tersebut akan bergerak menuju batas objek melalui iterasi hingga balon tersebut berhenti bergerak. Hal ini karena proses minimisasi energi pada *Active Contour*. *Active Contour* tidak melakukan segmentasi berdasarkan piksel, melainkan melalui pergerakan kurva. Pergerakan kurva sendiri dipengaruhi oleh parameter alfa (α) dan beta (β) yang akan berhenti pada batas tepi objek. Batasan dari objek merupakan nilai minimum dari fungsi energi. Fungsi energi tersebut tidak hanya terdiri dari informasi mengenai *edge*, melainkan juga berisi *property* yang mengontrol pergerakan kurva. *Active contour* sebagai kumpulan titik koordinat terkontrol pada contour dimana parameternya didefinisikan sebagai berikut Rumus persamaan yang digunakan pada *Active Contour* diantaranya:

$$\vec{v}(s) = (\vec{x}(s), \vec{y}(s)). \quad (2)$$

Dimana $\vec{x}(s)$ dan $\vec{y}(s)$ adalah koordinat x dan y pada *contour* dan s adalah indeks normalisasi dari titik kontrol.

Fungsi energi pada *Active Contour* mengandung energi internal, energi eksternal, dan energi citra itu sendiri yang dapat dilihat pada rumus berikut:

$$E_{snake} = \int_0^1 \{E_{int}(v(s)) + E_{img}(v(s)) + E_{con}(v(s))\} ds \quad (3)$$

dimana E_{snake} merupakan fungsi energi dari *Active Contour*. $v(s)$ merupakan kumpulan dari x dan y koordinat dari kurva *Active Contour*. E_{int} merupakan energi internal dari *Active Contour*, energi ini mempengaruhi pergerakan dari kurva *Active Contour* dan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$E_{int} = (\alpha(s)|vs(s)|^2 + \beta(s)|vss(s)|^2) \quad (4)$$

dimana $\alpha(s)$ merupakan parameter yang mengatur elastisitas dari kurva (jarak antar titik dari kurva), $\beta(s)$ merupakan parameter yang mengatur kelengkungan kurva, vs adalah turunan pertama dan vss merupakan turunan kedua. Energi citra mengandung informasi seperti *brightness* dan data *edge*, dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$E_{img} = [(W_{line}E_{line}) + (W_{edge}E_{edge}) + (W_{term}E_{term})] \quad (5)$$

Energi citra bisa juga didapatkan melalui perhitungan *edge detection*. Energi *constraint* atau energi eksternal merupakan energi yang menentukan pergerakan dan pemberhentian suatu kurva *Active Contour*.

2.3 Chan-Vese (C-V)

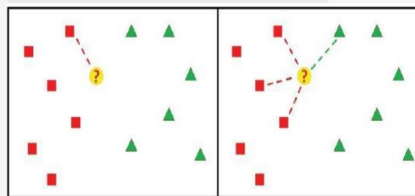
Chan-Vese (C-V) adalah salah satu model dari *Active Contour* yang kuat dan fleksibel dapat dengan sukses membagi berbagai jenis gambar, termasuk beberapa yang akan sulit atau tidak mungkin untuk disegmentasi dengan metode berbasis gradien. Model C-V tidak mempedulikan letak titik awal kontur dimulai. C-V memiliki properti segmentasi global untuk menyegmentasi seluruh objek dalam citra. Dari model C-V ini memanfaatkan ciri statistik dalam dan luar *contour* untuk membangun *regionbased Signed Pressure Force* (SPF) [12] untuk mengatur arah evolusi. SPF ini dapat melebar dan menyempit sesuai dengan objek. Nilai parameter α dan $\beta = 0$. Nilai ini adalah nilai ketetapan dari parameter C-V pada Matlab.

2.4 K-Nearest Neighbor (KNN)

Merupakan salah satu klasifikasi suatu objek dengan meninjau nilai ketetanggaan berdasarkan fungsi pola jarak dan kesamaan pada objek tertentu dengan nilai K. Klasifikasi algoritma ini dapat menentukan keanggotaan kelas dengan nilai ketetanggaan yang paling tinggi (*voting*). Algoritma dari KNN adalah sebagai berikut:

- Menentukan nilai K.
- Menghitung jarak data baru dengan semua data latih.
- Urutkan jarak tersebut dari yang terdekat.
- Periksa kelas K tetangga terdekat.
- Kelas data baru merupakan kelas mayoritas K tetangganya.
- K umumnya ditentukan dalam jumlah ganjil, dengan default K=1.

Pada Gambar 2.4 merupakan ilustrasi penggunaan KNN yang terdiri dari dua kelas yaitu kelas A dan kelas B.



Gambar 1. Ilustrasi Penggunaan Klasifikasi KNN dengan 2 kelas[13].

Dalam perhitungan jarak, terdapat lima jenis yang dapat diimplementasikan. Berikut kelima jenis KNN:

1. Euclidean Distance

Euclidean distance merupakan persamaan untuk menghitung nilai jarak antara X_i dan Y_i . Jenis ini biasanya diterapkan pada dua dimensi dan tiga dimensi. Nilai ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$d_{s,t} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{si} - Y_{ti})^2} \quad (6)$$

dengan $d_{s,t}$ adalah jarak, n merupakan jarak dimensi, I merupakan variabel data, X_i merupakan data, dan Y_i merupakan sampel data.

2. City Block Distance

Pada *City Block* nilai jarak antara X_i dan Y_i diperoleh dari hasil penjumlahan semua selisih dari jarak X_i dan Y_i . Perhitungan jarak *City Block* dinyatakan dalam:

$$d_{s,t} = \sum_{i=1}^n |X_{si} - Y_{ti}| . \quad (7)$$

3. Cosine Distance

Jarak yang dibentuk antara dua data yang dianggap sebagai vektor yang bergerak dari titik nol dan membentuk sudut θ . Jarak *Cosine* dinyatakan dalam:

$$d_{s,t} = 1 - \cos \theta \quad (8)$$

dimana, $d_{s,t}$ adalah *distance* atau jarak.

$$\cos \theta = \frac{X_s \cdot Y_t}{|X_s||Y_t|} . \quad (9)$$

Penarikan kesimpulan kelas data *query*, dengan melihat nilai yang paling mendekati angka 1.

4. Correlation Distance

Pada *Correlation distance*, titik-titik dianggap sebagai barisan nilai. Jarak dari X_s ke Y_t ini dapat ditentukan dengan persamaan:

$$d_{s,t} = 1 - \frac{(X_s - \bar{X}_s)(Y_t - \bar{Y}_t)}{\sqrt{((X_s - \bar{X}_s))(X_s - \bar{X}_s)}\sqrt{(Y_t - \bar{Y}_t)(Y_t - \bar{Y}_t)}} \quad (10)$$

dimana X_s merupakan posisi awal dan Y_t merupakan posisi akhir.

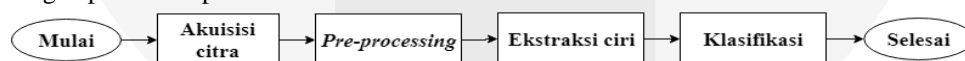
5. Chebychev Distance

Jarak *Chebychev* disebut juga dengan jarak nilai maksimum, jarak ini meneliti besarnya absolut dari selisih antara koordinat dari sepasang obyek. Jarak *Chebychev* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$d_{i,j} = \max_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}| . \quad (11)$$

3. Perancangan Sistem

Pada tahap ini menjelaskan alur kerja sistem yang dirancang berbasis pengolahan citra dan *user* mengakses komputer sebagai *interface*. *Input* citra susu dibagi menjadi dua yaitu data latih dan data uji. Pada pengambilan citra digunakan alas berwarna hitam karena kontrasnya 100%. Diagram blok secara garis besar dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem.

Akuisisi citra merupakan proses upaya mendapatkan citra yang diambil menggunakan kamera digital. Citra menggunakan *background* berwarna hitam dan format *.jpg. Setelah pengambilan gambar, selanjutnya melakukan proses *crop* secara manual, agar obyek tepat berada ditengah dan mempermudah tahap selanjutnya. *Pre-processing* merupakan langkah awal untuk memroses sebuah citra digital. Hal ini dilakukan untuk memperbaiki citra agar mudah diproses oleh komputer. Langkah *pre-processing* setelah peng-*input*-an sebagai berikut:

1. Resize

Proses *resize* adalah mengatur ukuran gambar yaitu memperbesar atau memperkecil ukuran citra. Gambar 3.5 menunjukkan tahapan *resize*. Pada Tugas Akhir ini *resize* dilakukan dengan memperkecil

dari ukuran asli. Ukuran asli citra 3200×2700 piksel dan diubah menjadi ukuran 256×256 piksel, 512×512 piksel, dan 1024×1024 piksel.

2. RGB to Grayscale

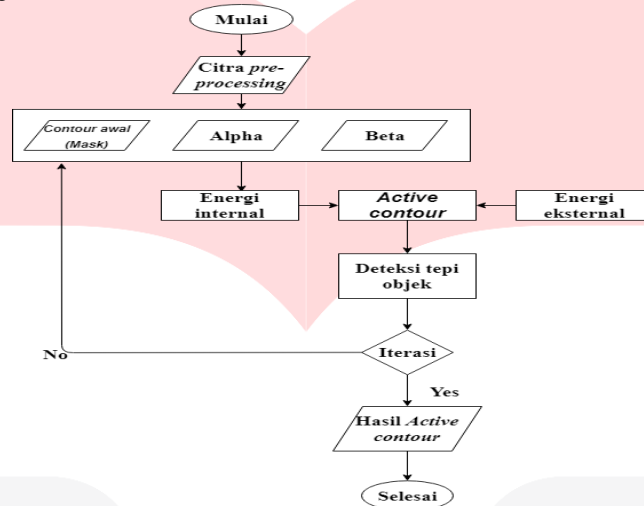
Proses ini adalah mengubah citra dari berwarna menjadi skala keabuan atau hitam putih.

3. Grayscale to Binary

Proses ini merupakan perubahan citra *grayscale* menjadi citra *binary*.

3.1 Ekstraksi Ciri

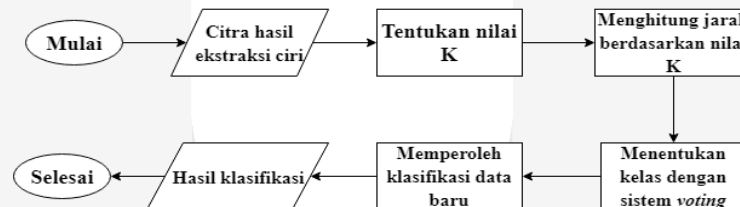
Tahap ekstraksi ciri ini menggunakan metode *Active Contour* yaitu pendekatan dengan garis aktif yang dapat menyesuaikan bentuk objek dengan *mask* berukuran ukuran gambar dibagi 8. Gambar 3 merupakan proses tahapan ekstraksi ciri menggunakan *Active Contour*.



Gambar 3. Proses Ekstraksi Ciri

3.2 Klasifikasi

Klasifikasi merupakan proses pengelompokan ke dalam kelas-kelas yang telah ditentukan sebelumnya. Pada tahap klasifikasi menggunakan metode KNN dimana sistem dapat mengidentifikasi susu sapi murni dan susu sapi yang telah dicampur air dengan tingkat kemurnian 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%.



Gambar 4. Proses Klasifikasi KNN

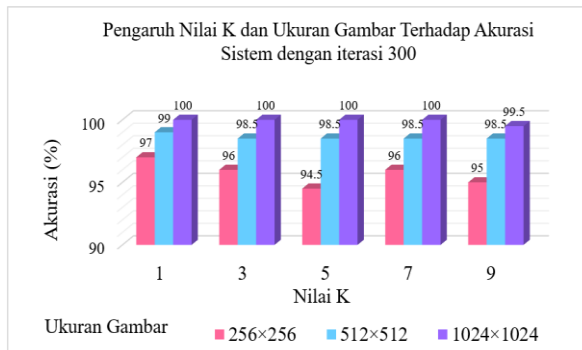
4. Pengujian Sistem Dan Analisis

4.1 Pengujian Sistem

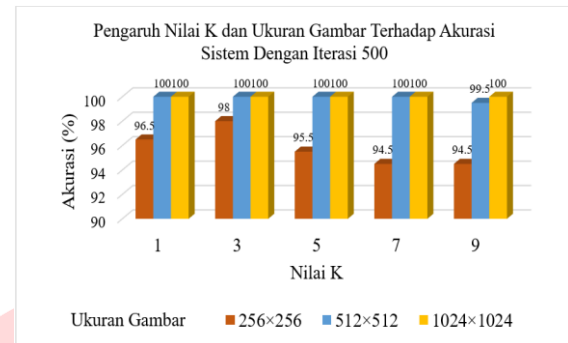
Tahap ini menguji sistem agar mendapatkan informasi performansi sistem dari dua parameter akurasi dan waktu komputasi. Pengujian dilakukan menggunakan data dengan jumlah total sebanyak 500 citra.

4.1.1 Pengujian Sistem Menggunakan KNN Jenis City Block

Pada pengujian ke-1 menggunakan jenis KNN *City Block* dengan nilai K=1,3,5,7,9, iterasi 300 dan 500, variasi ukuran gambar 256×256 piksel, 512×512 piksel, dan 1024×1024 piksel.



Gambar 5. Akurasi City Block dengan iterasi 300

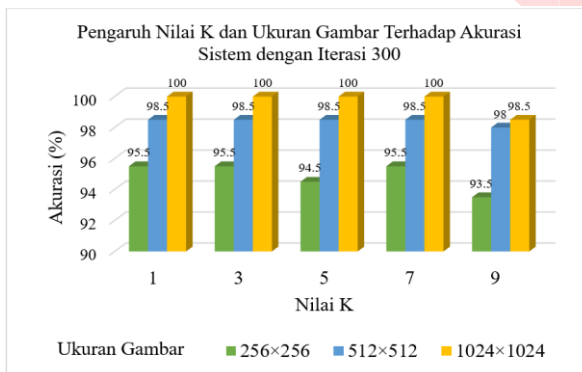


Gambar 6. Akurasi City Block dengan iterasi 500

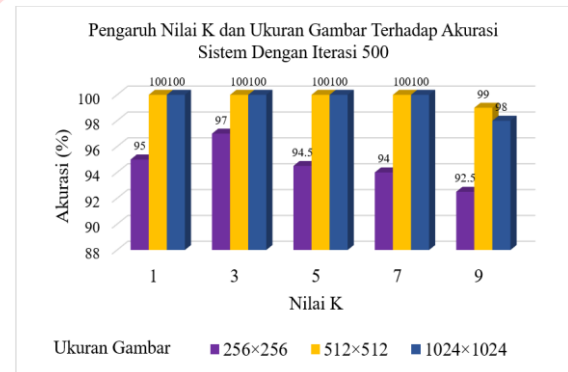
Dihasilkan akurasi 100% pada saat iterasi 500 dengan ukuran gambar 512x512 piksel dan 1024x1024 piksel, dan nilai K=1,3,5,7.

4.1.2. Pengujian Sistem Menggunakan KNN Jenis Chebychev

Pada pengujian ke-2 dilakukan hal yang sama dengan pengujian ke-1 menggunakan jenis KNN Chebychev.



Gambar 7. Akurasi Chebychev dengan iterasi 300

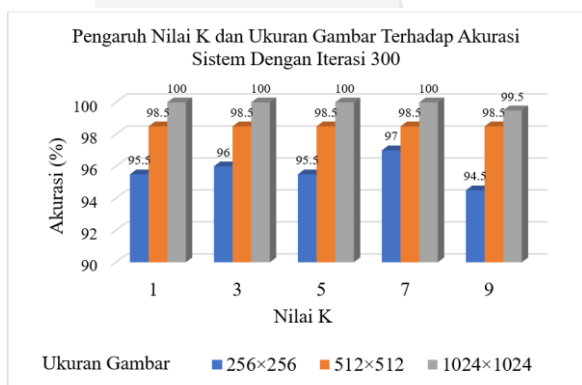


Gambar 8. Akurasi Chebychev dengan iterasi 500

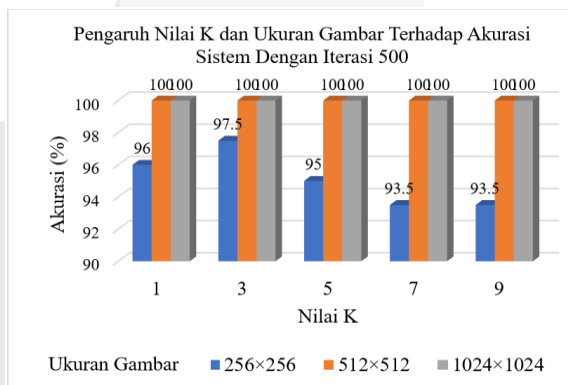
Dari pengujian ke-2, dihasilkan akurasi yang baik pada saat gambar berukuran 512x512 piksel dan 1024x1024 piksel dengan iterasi 500.

4.1.3 Pengujian Sistem Menggunakan KNN Jenis Euclidean

Pada skenario 3 dilakukan hal yang sama dengan mengganti jenis KNN menjadi Euclidean.



Gambar 9. Akurasi Euclidean dengan iterasi 300

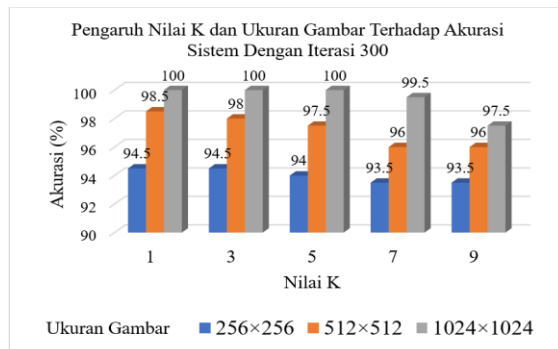
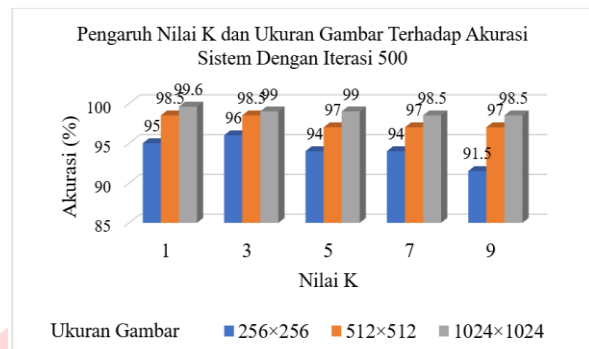


Gambar 10. Akurasi Euclidean dengan iterasi 500

Dari pengujian ke- 3 didapatkan bahwa akurasi baik pada saat ukuran gambar 512x512 piksel dan 1024x1024 piksel dengan jumlah iterasi 500.

4.1.4 Pengujian Sistem Menggunakan KNN Jenis Cosine

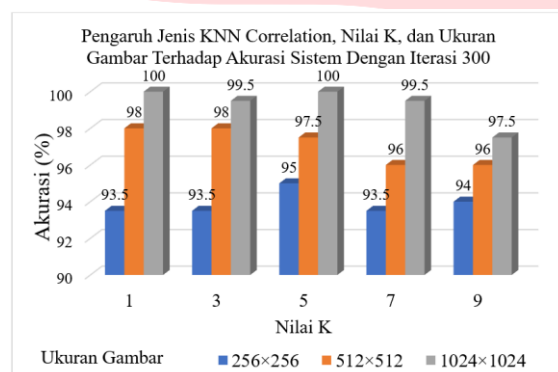
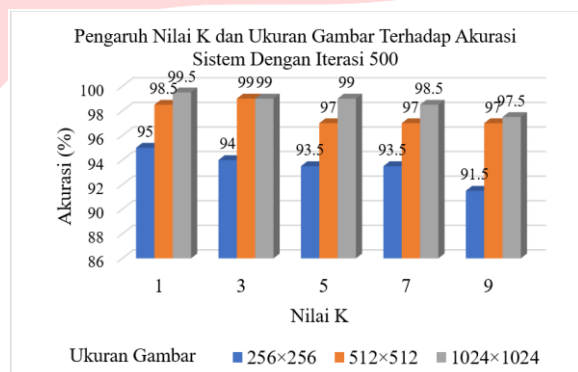
Pada skenario 4 dilakukan pengujian yang sama dengan mengganti jenis KNN dengan Cosine.

**Gambar 11.** Akurasi *Cosine* dengan iterasi 300**Gambar 12.** Akurasi *Cosine* dengan iterasi 500

Dari pengujian ke- 4 dapat dilihat hasil terbaik pada saat gambar berukuran 1024×1024 piksel dengan nilai K=1,3,5 dan iterasi sebanyak 300 kali.

4.1.5 Pengujian Sistem Menggunakan KNN Jenis *Correlation*

Pada skenario 5 dilakukan pengujian yang sama dengan mengganti jenis KNN menjadi *Correlation*.

**Gambar 13.** Akurasi *Correlation* dengan iterasi 300**Gambar 14.** Akurasi *Correlation* dengan iterasi 500

Dari pengujian ke-5 didapatkan pada saat gambar berukuran 1024×1024 piksel dengan nilai K=1, 3 dan iterasi sebanyak 300 kali.

4.2 Analisis Pengujian Sistem

Akurasi 100% banyak dihasilkan dari iterasi 500. Hal ini disebabkan karena semakin besar iterasi, objek tersegmentasi dengan baik. Untuk nilai K paling baik adalah 1, karena semakin besar nilai K semakin rentan terhadap data penciran dan berpengaruh pada akurasi sistem. Ukuran gambar dengan akurasi tertinggi pada 512×512 piksel dan 1024×1024 piksel, semakin besar ukuran gambar maka semakin banyak ciri yang diekstrak oleh sistem.

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem menghasilkan akurasi terbaik pada kondisi ukuran gambar 512×512 piksel dan 1024×1024 piksel dengan klasifikasi jenis *Cityblock* menggunakan iterasi 500 yaitu tingkat akurasi 100%. Berdasarkan hasil pengujian sistem deteksi kemurnian susu ini, metode *Active Contour* cocok digabungkan dengan klasifikasi KNN.

Daftar Pustaka

- [1] I. Ambarsari and T. Sudaryono, "PERUBAHAN KUALITAS SUSU PASTEURISASI DALAM BERBAGAI JENIS KEMASAN Quality Changes of Pasteurized Milk in Some Packages," *J. Litbang Pert*, vol. 32, no. 1, pp. 10–19, 2013.
- [2] "Pengolahan Citra Berbasis PDE dengan OpenCV."
- [3] H. Gustiawidi, I. B. Hidayat, P. Ir, and S. Darana, "Identifikasi Kualitas Kesegaran Susu Sapi Melalui Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix Dan Local Binary Pattern Dengan Klasifikasi K-Nearest Neighbor Quality Identification of Cow ' S Milk Freshness Using Digit Al Ima," vol. 5, no. 3, pp. 4843–4850, 2018.
- [4] M. F. Permana, I. B. Hidayat, P. Ir, and S. Darana, "Citra Digital Menggunakan Metode Watershed Dan Klasifikasi Learning Vector Quantization (Lqv) Quality Identification of Cow ' S Milk Freshness Based on Digital Image Processing Using Watershed Method and Learning Vector Quantization (Lqv)," vol. 5, no. 3, pp. 4851–4858, 2018.
- [5] R. I. Abraham, B. Hidayat, and S. Darana, "Identifikasi Kualitas Kesegaran Susu Sapi Melalui Pengolahan Citra Digital Berdasarkan Metode Content-Based Image Retrieval (Cbir) Dengan Klasifikasi

- Decision Tree,” *E-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 2048–2055, 2018.
- [6] A. W. Devianti *et al.*, “Identifikasi kualitas kesegaran susu sapi melalui pengolahan sinyal digital berdasarkan metode Gabor Wavelet dan klasifikasi Support Vector Machine,” vol. 5, no. 2, pp. 2056–2063, 2018.
- [7] O. N. Shpakov and G. V. Bogomolov, “Technogenic activity of man and local sources of environmental pollution,” *Stud. Environ. Sci.*, vol. 17, no. C, pp. 329–332, 1981.
- [8] I. M. O. Widyantara, A. T. A. P. Kusuma, and N. M. A. E. D. Wirastuti, “Preprocessing Pada Segmentasi Citra Paru-Paru Dan Jantung Menggunakan Anisotropic Diffusion Filter,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 14, no. 2, p. 6, 2015.
- [9] T. F. Chan and L. A. Vese, “Active contours without edges and Image Segmentation,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 10, no. 2, pp. 266–77, 2001.
- [10] E. Permata, “Penggunaan Metode Active Contour Untuk Segmentasi,” *Simetris*, vol. 6, no. 1, pp. 163–174, 2015.
- [11] R. Crandall, “Image segmentation using the Chan-Vese algorithm,” *Proj. Rep. from ECE 532*, pp. 3–23, 2009.
- [12] E. Permata, “Penggunaan Metode Active Contour Untuk Segmentasi Parasit Malaria Plasmodium Falciparum,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 1, p. 163, 2017.
- [13] S. Imandoust and M. Bolandraftar, “Application of k-nearest neighbor (knn) approach for predicting economic events: Theoretical background,” *Int. J. Eng. Res. Appl.*, vol. 3, no. 5, pp. 605–610, 2013.
- [14] P.D. Wananda, L. Novamizanti, R.D. Atmaja, Sistem Deteksi Cacat Kayu dengan Metode Deteksi Tepi SUSAN dan Ekstraksi Ciri Statistik, *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi & Elektronika*, Vol. 6, No. 1, 2018.
- [15] L. Novamizanti, J. Raharjo, II Tirtasmoro, Identifikasi Pola Iris Mata Menggunakan Dekomposisi Transformasi Wavelet dan Levenshtein Distance, IT Telkom, Bandung, 2009.
- [16] C.P. Riesmala, A.Rizal, L. Novamizanti, Pengenalan Motif Batik Dengan Analisis Struktur Dan Warna Pada Citra Digital, Skripsi Sarjana pada IT Telkom Bandung, 2012.